

УДК 66

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННОЙ (АУСТЕНИТНОЙ) СТАЛИ ОБРАЗОВАНИЮ ГОРЯЧИХ ТРЕЩИН ПРИ СВАРКЕ

¹Исламкулов К.М., ²Смагулов Д.У.

¹Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова,
Шымкент, e-mail: kairat058@mail.ru;

²Казахский национальный технический университет им. К. Сатпаева,
Алматы, e-mail: smagulov061@mail.ru

Аустенитные стали, обладающие высокой коррозионной стойкостью и кислотостойкостью, широко применяются в химической промышленности. При сварке этих сталей могут образовываться горячие трещины в сварном шве. Выявлена одна из причин появления горячих трещин из-за высокого содержания феррита в структуре сварного шва более 8%. Разработана технология, устраняющая условия образования горячих трещин в сварном шве. Подобран электрод для электродуговой сварки аустенитных сталей, который обеспечивает содержание феррита в структуре сварного шва в пределах 3–5%. Феррит, располагаясь по границам аустенитных кристаллов, ограничивает их рост, что положительно отражается на сопротивляемости образованию горячих трещин в сварном соединении. Разработанная технология обработки сварных соединений аустенитной стали, которая не только устраняет образование горячих трещин, но и повышает долговечность сварных швов при низкой температуре.

Ключевые слова: сварной шов, сопротивляемость, трещина, структура, сталь, коррозионная стойкость

A METHOD FOR IMPROVING THE RESISTIBILITY OF HIGH-ALLOY (AUSTENITIC) STEEL HOT CRACKS DURING WELDING

¹Islamkulov K.M., ²Smagulov D.U.

¹South Kazakhstan State University named after Auezov M., Shymkent city, e-mail: kairat058@mail.ru;

²Kazakhstan National Technical University named after K. Satbayev, Almaty city,
e-mail: smagulov061@mail.ru

Austenitic steel having a high resistance to corrosion and acid resistance are widely used in the chemical industry. Hot cracks may be formed in welding. One of the reasons for hot crack occurrence is due to the high content (level) (more than 8%) of ferrite in the weld structure. A technology removing the condition for hot cracking in the weld was developed. The electrode for arc welding of austenitic steel which provides ferrite maintenance in the weld structure within 3–5% was selected. The ferrite, being on the austenite crystals' boundaries limits their growth which is positively reflected in the resistance of hot cracking in the weld joint. The technology of austenitic steel weld joints processing, which does not only remove hot cracking but also increases weld longevity at low temperature.

Keywords: weld, resistance, crack, structure, steel, corrosion-resistance

Основная группа сталей аустенитного класса известна в мировой практике под наименованием сталей типа 18–10; в них содержится ~ 18% Cr и 10% Ni. Эти стали, обладая высокой коррозионной стойкостью и кислотостойкостью, широко используются в химической промышленности.

При сварке аустенитных сталей могут образовываться горячие трещины в металле шва, околошовной зоне и в зоне термического влияния (ЗТВ). Изыскания метода предотвращения образования горячих трещин при сварке аустенитных сталей является актуальной проблемой.

Цель исследования: разработать способ, предотвращающий образование горячих трещин при сварке аустенитных сталей.

Задачи исследования:

1. Разработать технологические параметры обработки сварных соединений аустенитных сталей.

2. Подобрать электроды, обеспечивающие трещиностойкость при электродуговой сварке аустенитных сталей.

Материалы и методы исследований

Материал: образцы из аустенитной стали 12X18H9T толщиной 3 мм, шириной 20 мм и длиной 100 мм.

Электроды для электродуговой сварки аустенитных сталей.

Методы исследования: микроанализ, определение механических свойств сварных соединений, ультразвуковой метод контроля сварного шва.

Результаты исследования и их обсуждение

Одной из причин появления трещин является отсутствие при охлаждении после сварки фазовой рекристаллизации и сохранение первичных аустенитных зерен. Если в структуре шва имеется небольшое количество феррита (3–5%), то стойкость

к растрескиванию значительно возрастает, т.к. феррит нарушает сплошность аустенитных зерен, становится прослойкой между аустенитными кристаллами и изменяет транскристаллизацию. Следовательно, при сварке аустенитных сталей необходимо использовать электроды, которые позволят бы получить в металле сварного шва небольшое количество феррита. Поэтому для оценки присадочных материалов часто определяют содержание феррита в металле шва металлографическим методом или определяют по уточненной диаграмме Шеффлера, по которой, зная состав металла сварного шва, можно определить его структуру [1]. Малое содержание феррита в структуре сварного шва обеспечивает более высокую вязкость металла, т.к. феррит, располагаясь по границам аустенитных зерен, ограничивает их рост. Высокое же содержание феррита (более 8%) способствует выделению интерметаллических соединений на базе железа и хрома, обладающих очень высокой твердостью и хрупкостью, что приводит к снижению ударной вязкости и пластичности стали [2].

Образцы из аустенитной стали 12X18H9T были сварены ручной электродуговой сваркой различными электродами марок: ОЗЛ-8 (Св04Х19Н9), ЦЛ-11 (Св-08Х19Н10Б), 400/10у (Св-02Х19Н9). Режим электродуговой сварки: сварочный ток 120 А, диаметр электрода 3 мм.

В дальнейшем сварные соединения подвергались 3-х кратному термоциклированию при температуре 1150°–850°С. В процессе термоциклирования проводилась пластическая деформация (2–3%). Нагрев до 1100–1150°С при термоциклировании проводился в струе ацетилено-кислородного пламени. Охлаждение до 820–850°С осуществлялось на воздухе. Температура контролировалась термопарой (хромель-алюмель), зачеканенной в сварной шов [3, 4].

Возможность образования горячих трещин в сварном шве у исследуемых образцов определялась ультразвуковым дефектоскопом марки ДУК-13ИМ с частотой ультразвука, излучаемого наклонным искателем 2,5 МГц.

Сварные образцы, прошедшие обработку по схеме пластическая деформация (ПД) в процессе термоциклирования (ПД + ТЦО), были подвергнуты микроструктурному анализу (реактив для микроанализа аустенитных сталей: 5 г хлорида железа, 30 мл соляной кислоты (1,19), 100 мл дистиллированной воды) и исследованию механических свойств (предел прочности (Гв), относительное удлинение (δ), твердость (НВ), ударная вязкость.

Образцы сварных соединений из стали 12X18H9T, обработанные по предлагаемой схеме ПД + ТЦО и обычной закалкой, были помещены в жидкий азот (-196°С) и находились в течение 24 часов с целью определения хладостойкости сварного шва.

Микроанализ сварных соединений после традиционной обработки (заковки) позволил выявить, что независимо от марки электродов, формирующийся сварной шов неоднороден, имеет дендритное (столбчатое) строение. В переходном слое имеется ферритная зона, наличие ее согласуется с диаграммой Шеффлера и составляет порядка 8–10%, т.е. выше допустимого.

Следовательно, сварной шов имеет ферритно-аустенитную структуру и резко отличается от структуры основного металла. Некоторые границы зерен металла утолщены в следствии выделения карбидов. Наличие в структуре сварного шва ферритной фазы, карбидных выделений, столбчатых кристаллов и возможность выделения интерметаллических соединений приводит к появлению горячих трещин рис. 1.

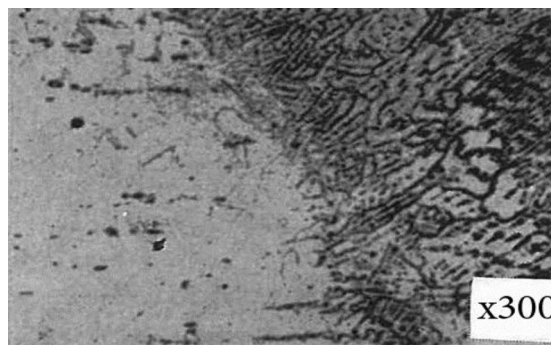


Рис. 1. Микроструктура сварного шва и приграничной зоны после закалки (справа – сварной шов, слева – приграничная зона)

После обработки по предлагаемой схеме ПД + ТЦО, происходит структурные изменения сварного шва и приграничных зон. Обнаружено, что в процессе обработки происходит измельчение зерен как сварного шва, так и прилегающего к нему участка основного металла, за счет одновременного воздействия механизмов фазовых превращений и пластической деформации рис. 2.

При температуре нагрева 1100–1150°С происходит распад карбидных включений за счет их растворения в аустените, рассредотачивание примесных атомов и легирующих элементов. Ферритная фаза уменьшается в результате фазовых превращений при термоциклировании $A \leftrightarrow F\delta$ и деформации, его содержание не превышает 5% т.е. в пределах допустимого.

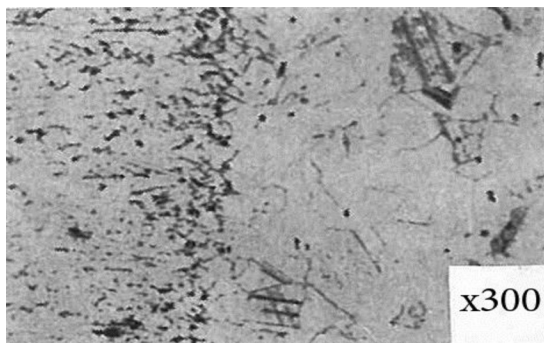


Рис. 2. Микроструктура сварного шва и приграничной зоны после обработки по схеме ПД + ТЦО (слева – сварной шов около 5% феррита, справа – приграничная зона)

Изменение механических свойств сварных образцов из стали 12Х18Н9Т после

различных видов термообработки и в зависимости от марки электродов приведены в таблице.

Вышеуказанные изменения в структуре сварного соединения согласуются с данными измерениями твердости и механических свойств по зонам шва. Так, твердость сварного шва после закалки независимо от марки электрода, имеет более высокие значения по сравнению с твердостью шва, обработанной по схеме ПД + ТЦО, но степень влияния типа электрода на твердость сварного соединения различна.

Из приведенных данных следует, что низкой твердостью и более высокой ударной вязкостью обладают сварные соединения, выполненные электродом 400/10у и обработанные по схеме ПД + ТЦО.

Механические свойства сварных соединений аустенитной стали.

№ п/п	Марка электрода	Вид термообработки	Механические свойства					a_n Дж/см ²
			G_s МПа	δ , %	НВ, шов	НВ, приграничн слой	НВ 3ТВ	
1	ОЗЛ-8	ПД+ТЦО	620	46	192	150	150	170
2	ЦЛ-11	ПД+ТЦО	630	41	196	154	160	160
3	400/10у	ПД+ТЦО	610	44	191	148	140	180
4	ОЗЛ-8	Закалка	630	32	200	174	162	90
5	ЦЛ-11	Закалка	610	30	203	191	175	80
6	400/10у	Закалка	650	38	210	185	181	100

Выводы

1. Структура сварного шва неоднородна по зонам после закалки, что не снижает ударную вязкость и условия образования горячих трещин.

2. У образцов сварных соединений, обработанных по схеме ПД + ТЦО, исключаются образования горячих трещин об этом свидетельствуют данные ультразвукового дефектоскопа, снижаются твердость, предел прочности, повышается пластичность и ударная вязкость более интенсивно по сравнению с традиционной обработкой-закалкой.

3. Сварные соединения, полученные тремя различными электродами (ЦЛ-11, ОЗЛ-8, 400/10у) и обработанные по схеме ПД + ТЦО лучшими механическими свойствами обладает шов, полученный электродом 400/10у. Он обеспечивает наличие δ феррита около 5% в структуре свар-

ного шва, который становится прослойкой между аустенитными зёрнами и изменяет транскристаллизацию.

4. Предложенный способ обработки сварных соединений не требует дорогостоящего оборудования и технологически легко осуществим газозлектросварщиком. Проведено промышленное испытание и внедрено на ПО «Новоазот» (Узбекистан).

Список литературы

1. Макаров Э.Л. Холодные трещины при сварке легированных сталей. – М.: Машиностроение, 1981. – С. 164–187.
2. Лившиц Л.С. Металловедение для сварщиков. – М.: Машиностроение, 1979. – С. 205–213.
3. Исламкулов К.М., Омаров А.К. Исследование хладостойкости сварных соединений стали 12Х18Н9Т работающие в диапазоне температуры – 70 до – 190°С. Сб. науч.тр Всесоюзный науч. конф. /Прочность материалов и конструкции при низких температурах, Киев. – 1986. – ч. 1. – С. 47–49.
4. Исламкулов К.М. Разработка технологии повышения хладостойкости сварных соединений высоколегированных (аустенитных) сталей // Вестник КазНАЕН. – 2012. – №4. – С. 16–17.